

ры варки – концентрацию раствора гидроксида калия, задаваемого на пропитку и конечную температуру варки, можно добиться одинакового содержания остаточного лигнина в целлюлозе, получая при этом преимущество либо в снижении температуры варки, либо в снижении продолжительности процесса. Показано, что при смешивании отработанных калийных щелоков с почвогрунтом всхожесть семян горчицы увеличивается на 20 %.

Список литературы

1. Huang, G. Environmentally friendly pulping of rice straw to eliminate black liquor discharge / G. Huang, X. Liang, Z. Chen, C. Li // TAPPI Journal, August 2010. – P. 7 – 12.
2. Xiao, C. Soil Microbial Responses to Potassium-Based Black Liquor from Straw Pulping / C. Xiao, M. Fauci, D. F. Bezdicek, W. T. McKean, W. L. Pan // Soil Science Society of America Journal. – 2006. – Vol. 70, N 1. – P. 72 – 77.
3. Непенин, Ю. Н. Технология целлюлозы. В 3-х т. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Непенин – 2-е изд., перераб. – М: Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
4. Удальцов, В. А. К вопросу о делигнификации древесины берёзы в системе гидроксид калия – гидразин – изобутиловый спирт – вода / В. А. Удальцов, Г. А. Пазухина // ИВУЗ «Лесной журнал» № 4/346.–Архангельск: С(А)ФУ им. М. В. Ломоносова, 2015.–С. 156 – 165.

УДК 676.163.4

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ОТ ХИМИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Хакимова Ф.Х.¹, Носкова О.А.¹, Житнюк В.А.², Пирожкова Ю.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

²Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания», г. Пермь

Ключевые слова: древесные отходы, березовые опилки, древесная стружка, варка, нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза, показатели качества.

Аннотация. Показано, что древесные отходы (березовые опилки) ПЦБК могут служить сырьем для получения нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы как по непрерывной, так и по периодической технологии. Показатели выхода и качества получаемой полуцеллюлозы соответствуют показателям полуцеллюлозы ПЦБК из технологической щепы. Древесные отходы (стружка) двух предприятий Пермского края могут служить сырьем для получения нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы в смеси с опилками ПЦБК.

DISPOSAL OF WASTE FROM CHEMICAL AND MECHANICAL WOOD PROCESSING

Khakimova F. H.¹, Noskova O.A.¹, Zhitniuk V.A.², Pirozhkova Y.V.¹

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm

²Group of enterprises "Perm pulp and paper company", Perm

Key words: wood waste, birch sawdust, wood chips, cooking, neutral sulfite semichemical pulp, quality indicators.

Abstract. It is shown that wood waste (birch sawdust) from PCBK can serve as a raw material for the production of neutral sulfite semichemical pulp both continuous and periodic technology. The yield and quality of the resulting product correspond to the characteristics of PCBK semichemical pulp with using industrial chips. Wood waste (sawdust) from two enterprises of

the Perm region can serve as a raw material for the production of neutral sulfite semichemical pulp mixed with sawdust from PCBK.

Россия – одна из ведущих стран по объему заготавливаемой древесины. При существующих способах переработки древесного сырья в целом по России используется около половины биомассы дерева [1]. Большие потери древесины приходится на опилки и стружки – отходы лесопиления (~ 10%) и подготовки древесины в производстве целлюлозы (5÷10%) [2]. Одним из современных требований рационального природопользования и охраны окружающей среды является комплексное использование древесного сырья путем максимальной утилизации отходов лесозаготовки и переработки древесного сырья. Особого внимания заслуживает использование опилок и стружки [3].

Исследования в этой области ведутся не один десяток лет, однако проблема рационального использования древесных отходов сохраняет свою актуальность [4]. Замена первичного сырья (стволовой древесины) древесными отходами имеет наряду с экономическим и экологическое значение за счет предотвращения ущерба, наносимого окружающей среде при неиспользуемых отходах, и сохранения от вырубок значительных лесных массивов [5]. Наиболее идеальным считается стремление предприятий к безотходному производству. К сожалению, в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности России такие производства отсутствуют [6].

В настоящее время на Урале существуют предприятия, занимающиеся проблемой переработки древесных отходов. К ним можно отнести предприятия Пермского края, вплотную занявшиеся утилизацией древесных отходов с получением полезного продукта – полуфабриката для использования в производстве картона. Это Пермский ЦБК, Гремячинский ДОК и Юго-Камский ДОК. В целом общие тенденции использования древесных отходов в России и за рубежом характеризуется топливно-энергетической направленностью [7].

В России есть опыт производства из древесных отходов (опилок) сульфатной целлюлозы для картона. Так, на Усть-Илимском ЛПК действует варочная установка непрерывного действия по варке сульфатной целлюлозы, но для реализации этого варианта необходимо было внедрение в практику лесопиления пил специального профиля, дающих крупные опилки в форме стружки. Таким образом, актуальность, экономическая и экологическая целесообразность и эффективность утилизации древесных отходов целлюлозных производств не вызывают сомнений.

Объектом исследования являлись древесные отходы химической переработки березовой древесины на ПЦБК, два образца стружек: из хвойной древесины и из смеси хвойной и лиственной древесины – ели и осины деревообрабатывающих комбинатов (соответственно Гремячинского и Юго-Камского ДОК) Пермского края.

Березовые отходы представляют собой опилки – отходы от получения из балансовой березовой древесины технологической щепы для производства нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ). Березовые опилки оказались довольно однородными по размерам и их использовали для получения полуцеллюлозы без дополнительного сортирования.

Образцы древесных стружек ДОК сортировали через сито с отверстиями диаметром 3 мм для отделения от стружки, пригодной для получения волокнистого полуфабриката, очень мелкой фракции (опилок). Для варки НСПЦ использован производственный варочный раствор ($\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH}$ или NH_4OH) ПЦБК состава: всего SO_2 – 6,7-7,7 %; связанного SO_2 – 2,9-3,4 %; $\text{pH} = 10,17$ -10,58. Исследования по получению НСПЦ из древесных отходов Пермского ЦБК (березовых опилок) проводили в двух направлениях – по непрерывной и периодической технологии. Операции непрерывной технологии соответствовали существующим в настоящее время на предприятии при получении НСПЦ на установке «Дефибратор».

Процесс варки полуцеллюлозы **по непрерывной технологии** включал следующие операции: в автоклаве – **пропитка** древесных опилок варочным раствором и **варка**; **горячий размол** полученной полуцеллюлозы в центробежном размалывающем аппарате ЦРА; промывка и сортирование полуцеллюлозы в двухситовой установке.

Условия процессов аналогичны условиям варки на ПЦБК (таблица 1). За оптимальный принят режим, по которому получены высокие результаты по выходу и механическим показателям при соблюдении требований по степени помола.

Таблица 1

Результаты варок березовых опилок ПЦБК по технологии непрерывной варки

Условия варки и показатели полуцеллюлозы	Оптимальный режим и величины показателей ПЦ		Нормы по регламенту ПЦБК для полуцеллюлозы из щепы
Условия варки:			
пропитка:			...
- подъем температуры до 100 °С, мин	40		
- стоянка при температуре 100 °С, мин	15		15-20 (пропарка), 10 (пропитка)
собственно варка:			
- подъем температуры до 156 °С, мин	60		168-175
- варка при температуре 156 °С, мин	20		32-40
Степень помола после горячего размола, °ШР	14		9-11
Продолжительность (τ) холодного размола (в ЦРА), мин	5	5,5	...
Показатели полуцеллюлозы:			
- выход обший (непровара мало), % от абс.сух.др-ны	67,9	67,9	не менее 70
- степень помола, °ШР	24	29	24-33

Как следует из данных таблицы 1, конечная температура варки в этой серии опытов (и в дальнейших исследованиях) составила 156 °С (возможности лабораторного автоклава).

Полученная полуцеллюлоза размалывается легко (в ЦРА 5,0-5,5 мин, что примерно в 4 раза меньше, чем для сульфитной и сульфатной целлюлозы). Выход полуцеллюлозы 67-68 %, т.е. ниже, чем НСПЦ из щепы, так как полуцеллюлоза получена из очень мелкого сырья. По механическим показателям все полученные образцы полуцеллюлозы удовлетворяют нормам ПЦБК для полуцеллюлозы из щепы.

В настоящее время на ПЦБК НСПЦ получается в установках непрерывного действия высокой производительности (по 130 т/сут каждая). Представляет интерес возможность и целесообразность получения НСПЦ из древесных отходов предприятия по периодическому способу, позволяющему изменять производительность потока в широких пределах. Изучены режимы пропитки и варки опилок, холодного размола полученной полуцеллюлозы. Условия варок и результаты данной серии опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты варки березовых опилок ПЦБК по технологии периодической варки

Условия варки и показатели полуцеллюлозы	Режим и величины показателей образцов ПЦ	Нормы по регламенту ПЦБК для ПЦ из щепы
Условия варки:		
- подъем температуры от 40 до 156°С (пропитка), мин	85	На ПЦБК варка полуцеллюлозы непрерывная
- варка при температуре 156°С, мин.	30	
Продолжительность (τ) холодного размола (в ЦРА), мин.	5,0-5,5	...
Показатели полуцеллюлозы:		
- выход (общий), %	75,0-75,5	не менее 70
- степень помола, °ШР	24-27	24-33
- разрывная длина (100 г/м ²), м	8040-8190	не менее 5000

В результате исследований получен необычный короткий режим получения НСПЦ по периодической технологии: (см. таблицу 2). Варки по принятому нами сокращенному режиму дали весьма положительные результаты. Образцы полуцеллюлозы получены с высокими показателями выхода и разрывной длины. Все образцы полуцеллюлозы размалываются легко (продолжительность размол в ЦРА до 24-27 °ШР составила 5,0-5,5 мин).

Эффективность такой технологии с кратковременной варкой (30 мин) объясняется локализацией лигнина листовенной древесины в клеточной стенке. Лигнин листовенной древесины практически полностью сосредоточен в срединной пластинке, благодаря чему такой кратковременной варки достаточно для получения при дальнейшем размоле щепы полуцеллюлозы хорошего качества.

Для более полной характеристики полученных образцов полуцеллюлозы из березовых опилок для ряда образцов (таблица 3) определен полный набор показателей механической прочности (определены в исследовательской лаборатории ПЦБК).

Из данных таблицы 3 следует, что образцы полуцеллюлозы, полученные из опилок по периодической технологии и короткому режиму, по всем показателям качества соответствуют нормам по регламенту ПЦБК для полуцеллюлозы из технологической щепы.

Таблица 3

Механические показатели образцов полуцеллюлозы из березовых опилок Пермского ЦБК, полученных по предлагаемой периодической технологии

Показатели полуцеллюлозы	Значения показателей ПЦ из опилок ПЦБК	Нормы по регламенту ПЦБК для ПЦ из щепы
Степень помола, °ШР	32-33	27-33
Сопротивление продавливанию, кПа	433-484	Не менее 290
Разрывная длина, м	6300-6350	Не менее 5000
Удельное сопротивление разрыву, кН/м	8,36-8,47	Не менее 8,00
Сопротивление плоскостному сжатию, Н	362-380	Не менее 310
Сопротивление торцовому сжатию, кН/м	2,80-2,82	0,70-1,55 для марки Б-1
Разрушающее усилие при сжатии кольца, Н	353-387	...

На следующем этапе работы изучали возможность и целесообразность получения НСПЦ с использованием всех принятых для исследования образцов древесных отходов: березовых опилок ПЦБК, стружки из хвойной древесины (ели) и стружки из смеси хвойной и листовенной древесины (ели и осины) Пермских ДОК.

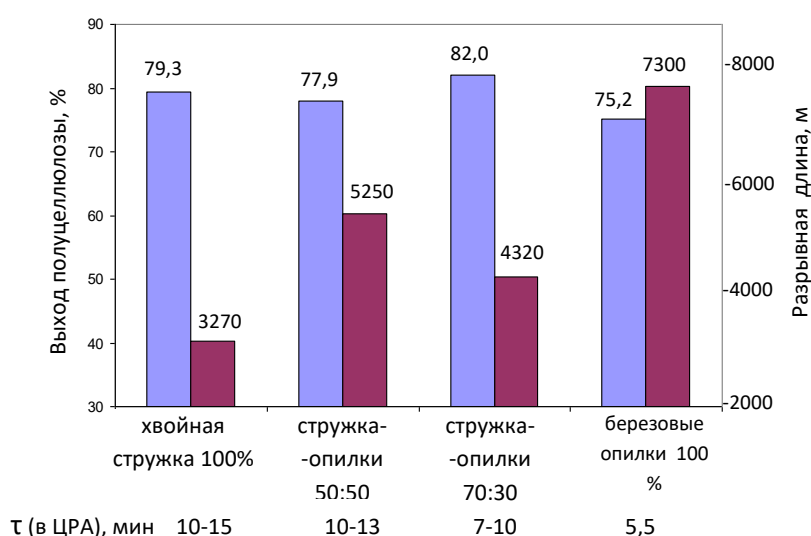


Рис. 2. Показатели полуцеллюлозы, полученной из смеси березовых опилок и хвойной стружки (при степени помола 25-32 °ШР)

■ – выход полуцеллюлозы, %; ■ – разрывная длина, м.

Для получения НСПЦ приняты различные композиционные составы исходного сырья. Результаты варок смесей березовых опилок со стружками Пермских ДОК приведены на рисунках 1 и 2. Из рисунка 1 следует, что из стружки хвойно-лиственной древесины может быть получена полуцеллюлоза с выходом 80 %, однако показатели механической прочности значительно уступают показателям полуцеллюлозы из березовых опилок.

На рисунке 2 представлены результаты получения НСПЦ из хвойной стружки ДОК самостоятельно и в смеси с опилками ПЦБК в различных соотношениях. Однако из стружки Гремячинского ДОК НСПЦ получается низкого качества – при выходе полуцеллюлозы 79 % разрывная длина образца полуцеллюлозы составила 2750-3790 (ср. 3270) м в зависимости от степени помола (26-31 °ШР). При варке хвойной стружки с добавлением березовых опилок ПЦБК прочность получаемой полуцеллюлозы заметно улучшается и только при соотношении их 50:50 получается полуцеллюлоза с показателями выхода и разрывной длины, соответствующими нормам ПЦБК для полуцеллюлозы из щепы.

Связано это с тем, что хвойная древесина в нейтральной среде не проваривается, т.к. в этих условиях сульфонированию может подвергаться только 30 % лигнина (группа А). В первую очередь по этой причине на практике из хвойной древесины нейтрально-сульфитную полуцеллюлозу не получают. В условиях варки НСПЦ из хвойной древесины получается, вероятно, химико-термомеханическая масса. По этой же причине механическая прочность полуцеллюлозы с увеличением количества хвойной древесины в исходном сырье снижается.

Таким образом, стружка Гремячинского ДОК также может служить сырьем для получения НСПЦ в смеси с опилками ПЦБК в соотношении 50:50 - при выходе 78 % получается довольно высокие показатели разрывной длины (5250 м).

Из данных рисунков 1 и 2 следует, что полуцеллюлоза из березовых опилок ПЦБК размалывается значительно (примерно в 2 раза) легче, т.е. с меньшим расходом энергии, чем полуцеллюлоза, полученная с включением в композицию стружек ДОК.

Основное неудобство работы со стружкой – она рыхло укладывается в автоклаве (котле), поэтому требуется дополнительное уплотнение. Таким образом, фракция «стружка» древесных отходов ДОК Пермского края (хвойная и хвойно-лиственная) может служить сырьем для получения НСПЦ - сырья для производства картона - в смеси с березовыми опилками ПЦБК в соотношении 50:50. При этом получается полуцеллюлоза, показатели выхода и механической прочности которой близки к соответствующим показателям полуцеллюлозы ПЦБК из березовой щепы.

Получены опытные образцы полуцеллюлозы из опилок ПЦБК.

В исследовательской лаборатории ПЦБК проведены исследования по использованию полуцеллюлозы из опилок в композиции картона совместно с НСПЦ из щепы и макулатурной массой (ММ) из производственного потока ПЦБК.

Результаты исследований: опытный полуфабрикат – полуцеллюлоза, полученная на кафедре ТЦБП из березовых опилок ПЦБК – имеет высокие исходные прочностные показатели; показана возможность использования полуфабриката из опилок в композиции картона (КПС) и бумаги для гофрирования без снижения прочностных характеристик. Выводы и рекомендации.

1. Показано, что древесные отходы (опилки из березовой древесины) ПЦБК могут служить сырьем для получения НСПЦ как по непрерывной, так и по периодической технологии. Процесс получения ПЦ трудностей не вызывает.

2. Показатели качества получаемой ПЦ при предлагаемых условиях при выходе 75 % соответствуют показателям ПЦ ПЦБК из технологической щепы.

3. Опытные испытания: полуфабрикат из опилок получен на кафедре ТЦБП; испытания проведены в исследовательской лаборатории ПЦБК; результаты - полуфабрикат имеет высокие прочностные показатели и с успехом может быть применен в композиции бумаги для гофрирования и картона ПЦБК без снижения их прочностных характеристик.

4. Исследованные образцы стружек предприятий ДОК Пермского края могут быть использованы для получения НСПЦ в смеси с опилками ПЦБК в соотношении 1:1.

Список литературы

1. Беловежец Л.А., Волчатова И.В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья // Химия растительного сырья. 2010, № 2. С. 5-16.

2. Андреев А.А. Ресурсосбережение и использование отходов заготовки и переработки древесного сырья // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2014, № 10. С. 148-155.
3. Комплексное устойчивое управление отходами. Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность: учеб. пособие / Н.И. Альберг, и др.; под ред. Н.И. Альберг – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 308 с.
4. Журавлёва Л.Н., Девятловская А.Н. Основные направления использования древесных отходов// Актуальные проблемы лесного комплекса. 2007, №18. С. 96-99.
5. Сафин Р.Г., Саттарова З.Г. и др. Современные направления переработки лесных ресурсов // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, № 21. С. 90-93.
6. Безруких Ю.А., Медведев С.О., Алашкевич Ю.Д., Мохирев А.П. Рациональное природопользование в условиях устойчивого развития экономики промышленных предприятий лесного комплекса// Экономика и предпринимательство. 2014, № 12-2. С. 994-996.
7. Васильева Т.В. Обзор сложившихся тенденций использования древесных отходов за рубежом // Лесной вестник. 2002, № 4. С. 71-73.

УДК 674.812

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ ВИБРАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В ВАРОЧНОМ КОТЛЕ

Попов В.В.¹, Сиваков В.П.¹

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический
университет», г. Екатеринбург

Ключевые слова: вибровозбудитель, виброуплотнение, виброскорость, вибрация.

Аннотация. Выполнено исследование вибрационного уплотнения технологической щепы в варочном котле. Выполнены расчеты распространения вибрационных волн в технологической щепе.

RESEARCH PROJECT VIBRATORY COMPACTION TECHNOLOGICAL WOOD CHIPS IN THE DIGESTER

Sivakov V.P.¹, Popov V.V.¹

¹Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

Key word: Vibration exciter, vibration compression, vibration velocity, compaction, vibration, elastic-viscous.

Abstract. The study of vibration compaction of technological chips in the digester. The calculations of the propagation of vibration waves in the technological chips.

Для выбора характеристик вибрации при обработке материала частоты вибровозбудителя регулировались в интервале 10...75 Гц. При частотах вибрации ниже 15 Гц инерционным вибратором генерировались малые вынуждающие силы, быстро затухающие в толще материала. Максимальные уровни вибрации в материале наблюдались при частотах вибровозбудителя 20...40 Гц. Увеличение частоты вынуждающей силы от 40 до 75 Гц сопровождалось незначительным (до 5 %) возрастанием уровня вибрации технологической щепы при больших энергетических затратах на виброуплотнение.

Распространение вибрации в щепе зависит от направления бегущей волны. В горизонтальном направлении вынуждающая сила от вибровозбудителя генерирует в технологической щепе вибрацию в диапазоне 10...250 Гц с преобладающей интенсивностью в октавной полосе со сред негеометрической частотой 16 Гц. В вертикальном направлении от вибровоз-